

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

29 JUN 2004

(43) 国際公開日
2004年3月11日 (11.03.2004)

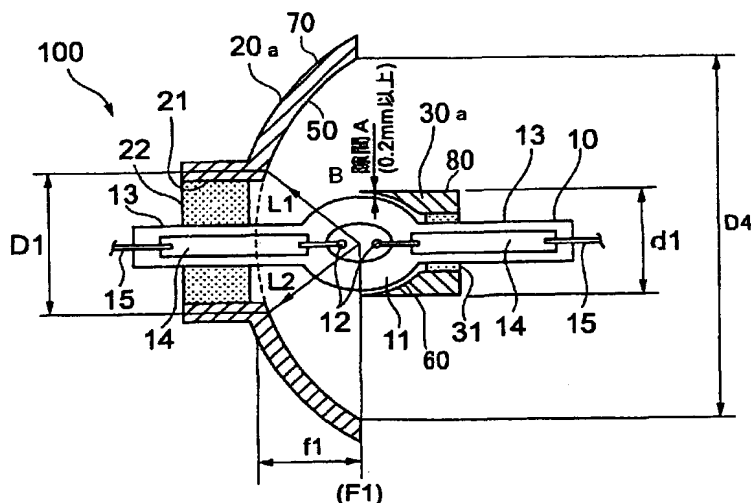
PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/020898 A1

- (51) 国際特許分類: F21V 7/09, 13/00, F21S 2/00 訪市 大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社 社内 Nagano (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/011178
- (22) 国際出願日: 2003 年 9 月 1 日 (01.09.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-253509 2002 年 8 月 30 日 (30.08.2002) JP
特願2003-84663 2003 年 3 月 26 日 (26.03.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): セイコーエプソン株式会社 (SEIKO EPSON CORPORATION) [JP/JP]; 〒163-0811 東京都 新宿区 西新宿 2 丁目 4 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 竹澤 武士 (TAKEZAWA, Takeshi) [JP/JP]; 〒392-8502 長野県 諏訪市 大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社 知的財産本部内 Nagano (JP).
- (74) 代理人: 上柳 雅彦, 外 (KAMIYANAGI, Masataka et al.); 〒392-8502 長野県 諏訪市 大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社 知的財産本部内 Nagano (JP).
- (81) 指定国 (国内): CN, JP, KR, US.
- (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書
— 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正書受領の際には再公開される。
- 2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: ILLUMINATING DEVICE, PROJECTOR, AND METHOD OF ASSEMBLING ILLUMINATING DEVICE

(54) 発明の名称: 照明装置、プロジェクタ、並びに照明装置の組み立て方法



B...GAP A (AT LEAST 0.2 mm)

(57) Abstract: An illuminating device (100) comprising a first reflection mirror (20a) disposed on the rear side of the light emitting unit (11) of the illuminating device (100) including a light emission tube (10), and a second reflection mirror (30a) disposed on the front side of the light emitting unit (11) of the optical system, wherein the diameter D1 of the reflection surface (50) of the first reflection mirror (20a) corresponding to a usable threshold light output from the light emitting unit (11) to the rear side of the illuminating unit is larger than the diameter d1 of the outer-side surface of the second reflection mirror (30a), the diameter d1 of the outer-side surface of the second reflection mirror (30a) is set to a size accommodated by the inner sides of light beams L1, L2 formed by reflecting the usable threshold light off the first reflection mirror

[続葉有]



(20a), the reflection surface (60) of the second reflection mirror (30a) encloses almost the front-side half of the light emitting unit (11), and arrangement is made so that an incident light output from the center of the light emitting unit (11) and entering the second reflection mirror (30a) agrees with the normal to the second reflection mirror (30a).

(57) 要約: この発明に係る照明装置は、発光管 10 を含む照明装置 100 の発光部 11 より後側に配置された第一反射鏡 20a と、光学系の発光部 11 より前側に配置された第二反射鏡 30a とを備えた照明装置 100 であって、発光部 11 から照明装置の後側に出射される利用可能限界光に対応する第一反射鏡 20a の反射面 50 の直径 D1 が、第二反射鏡 30a の外側面の直径 d1 よりも大きく、かつ、第二反射鏡 30a の外側面の直径 d1 は、利用可能限界光の第一反射鏡 20a により反射された光 L1、L2 の内側に入る大きさに設定され、第二反射鏡 30a の反射面 60 が発光部 11 の前側ほぼ半分を包囲し、かつ、発光部 11 中心から出射されて第二反射鏡 30a に入る入射光と第二反射鏡 30a の法線とが一致するように配置されている。

明細書

照明装置、プロジェクタ、並びに照明装置の組み立て方法

技術分野

本発明は、発光管及び該発光管からの出射光を反射する反射鏡を有する照明装置、並びにその照明装置を備えたプロジェクタに関する。

背景技術

照明装置として、発光管と反射鏡とからなる照明装置が広く用いられている。そのような照明装置において、発光管から放出されても迷光となって使用に供されていなかった光を有効に利用するために、従来は、実開平 5-87806 号公報（第 7 ページ、第 1 図）に記載されているように、発光管に反射膜を成膜することが行われている。また、特開平 8-31382 号公報（第 2 ページ、第 1 図）に記載されているように、発光管を挟んで反射鏡と対向するように第 2 の反射鏡を備えることも行われている。

発明の開示

しかしながら、発光管の前面に反射膜を成膜する方法は、電極間の位置が発光管外面に取り付けた反射膜に対してばらつきを持つため、所望の反射特性が得られない場合や、反射特性が発光管の形状に依存するため所望の反射特性が得られない場合がある。従って、発光管の前面に反射膜を成膜する方法の場合、発光管によっては効果的な光の有効利用が図れないこともある。また、反射膜の代わりに、元々配置されている第 1 反射鏡に対向させて第 2 反射鏡を別途備える構成としても、光利用率をより向上させるためには、発光管と第 1 反射鏡とに関連させて、第 2 反射鏡の配置や態様をより具体的に特定する必要がある。

本発明は、上記課題に鑑みてなされたもので、発光管と第 1 反射鏡に対して第 2 反射鏡の配置及び態様をより具体的に特定して、通常は迷光となってしまうような発光管からの出射光の大部分を利用できるようにする照明装置、並びにその

照明装置を利用したプロジェタを提供することを目的とする。さらに、そのような照明装置の組み立て方法を提供することも目的とする。

本発明の照明装置は、電極間で発光が行われる発光部及び該発光部の両側に位置する封止部を有した発光管と、該発光管の長手方向において前記発光部より後側に配置された第一反射鏡と、前記発光部より前側に配置された第二反射鏡とを備えた照明装置であって、前記発光部の後側に出射される利用可能限界光の前記第一反射鏡の反射面の開口端部の直径 D_1 が、前記第二反射鏡の外側面の直径 d_1 よりも大きく、かつ、前記第二反射鏡の外側面の直径 d_1 は、前記利用可能限界光の前記第一反射鏡により反射された光の内側に入る大きさに設定され、前記第二反射鏡の反射面が前記発光部の前側ほぼ半分を包囲し、かつ、前記発光部中心から出射されて該第二反射鏡に入る入射光と該第二反射鏡の法線とが一致するように配置されていることを特徴とする。これにより、通常は迷光となってしまうような発光管からの光のほとんどを第一反射鏡に戻して利用に供させることが可能となる。また、発光部から照明装置の後側に出射される光のうち、利用可能範囲内にある光については、第一反射鏡で反射された後、第二反射鏡によって遮断されるのを回避できる。これに加えて次のような効果も得られる。同じ光量を得るに際して第一反射鏡を小さくできる。また、第一反射鏡による集光点径を小さくすることも可能となるため、引き続く光学系に光が入射し易くなり、この点からも光利用効率を向上させることができる。さらに、この構成によると、発光管を第一反射鏡から突出した状態にできるため、照明装置を通過する冷却空気を直接発光管に当てて、そのクーリング性を向上させることもできる。

なお、前記利用可能限界光は、前記発光管の構造によって定まる限界光とすることができる。この場合には、発光部から照明装置の後側に出射される光のほぼ全てが利用できることになる。

本発明の他の照明装置は、電極間で発光が行われる発光部及び該発光部の両側に位置する封止部を有した発光管と、該発光管の長手方向において前記発光部より後側に配置された第一反射鏡と、前記発光部より前側に配置された第二反射鏡

とを備えた照明装置であって、前記発光部の後側に出射される利用可能限界光の前記第一反射鏡の反射面の開口端部の直径 D_1 が、前記第二反射鏡の外側面の直径 d_1 よりも大きく、かつ、前記第二反射鏡の外側面の直径 d_1 は、前記利用可能限界光の前記第一反射鏡により反射された光の内側に入る大きさに設定され、
5 前記第二反射鏡は、前記発光部中心から出射されて該第二反射鏡に入る入射光と該第二反射鏡の法線とが一致するように配置されており、前記電極の先端間距離を L_e 、前記電極先端間の中心 F_1 から前記第二反射鏡の反射面の開口端面までの前記照明装置の光軸上の距離を L_r 、前記第二反射鏡の外側面の開口端部の直径を d_2 、前記第一反射鏡の反射面の開口端部の直径を D_2 、前記電極先端のうち前記第一反射鏡側の電極先端から前記第二反射鏡で遮られずに射出される光と
10 前記照明装置の光軸を前記照明装置の後ろ側へと延長させた直線とに挟まれた角度を θ_d 、前記第一反射鏡の反射面の開口端と前記第一反射鏡側の電極先端とを結ぶ線と前記照明装置の光軸を前記照明装置の後側へと延長させた直線とに挟まれた角度を θ_e として、 θ_d を、

$$\theta_d = 90^\circ + \tan^{-1} \{ (L_e / 2 + L_r) / (d_2 / 2) \}$$

15 として近似するとき、前記第一反射鏡の反射面の開口端部の直径 D_2 が、 $\theta_e > \theta_d$ となるような範囲にあることを特徴とする。

第一反射鏡の反射面の開口端部の直径をこのようにすることで、第二反射鏡で反射されずに前方に出射した光も利用可能となる。

20 またさらに、本発明の他の照明装置は、電極間で発光が行われる発光部及び該発光部の両側に位置する封止部を有した発光管と、該発光管の長手方向において前記発光部より後側に配置された第一反射鏡と、前記発光部より前側に配置された第二反射鏡とを備えた照明装置であって、前記発光部の後側に出射される利用可能限界光の前記第一反射鏡の反射面の開口端部の直径 D_1 が、前記第二反射鏡
25 の外側面の直径 d_1 よりも大きく、かつ、前記第二反射鏡の外側面の直径 d_1 は、前記利用可能限界光の前記第一反射鏡により反射された光の内側に入る大きさに設定され、前記第二反射鏡は、前記発光部中心から出射されて該第二反射鏡に

入る入射光と該第二反射鏡の法線とが一致するように配置されており、前記第二反射鏡の反射面の開口端部の直径 D_2 が、前記電極間で発生するアークの前記第一反射鏡側のアーク端から前記第二反射鏡で遮られずに射出される光の境界光を反射できる大きさであることを特徴とする。

- 5 第一反射鏡の反射面の開口端部の直径をこのようにすることで、第二反射鏡で反射されずに前方に出射した光も利用可能となり、且つ、第一反射鏡の反射面の開口端部の直径を最小限に設定することができる。

- 10 また、前記照明装置において、前記第二反射鏡は前記発光部の外周に対して隙間を有して配置されていることが好ましい。これによれば、発光部中心から出射されて該第二反射鏡に入る入射光と該第二反射鏡の法線とが一致させる際に、前記隙間を調整幅として発光部と第二反射鏡との相対位置を調整することができる。また、この隙間により第二反射鏡と発光部の間に熱がこもらないので発光部の過度な温度上昇を抑制することが可能となる。

- 15 また、前記照明装置において、前記第二反射鏡の反射面は、紫外線及び赤外線を通す誘電体多層膜により成形されていることが好ましい。これにより、可視光だけを第一反射膜へと反射させるため紫外線及び赤外線等による発光部および第一反射鏡の反射面さらにこの照明装置から出射される光を入射する光学部品等の劣化を防止できる。また、第二反射鏡は実際の照明に利用される可視光を効率よく反射できるので、照明装置の照度を向上させることができる。

- 20 また、前記照明装置において、前記第二反射鏡の反射面を、前記封止部の外径より大きな内径を有する管の端面研磨又はプレス成形により形成することが好ましい。これによれば、反射面の加工の複雑な手間を低減できる。

- 25 なお、前記照明装置において、前記第二反射鏡の外側面は、その反射面側から入射した光を透過させる態様、あるいは、その反射面側から入射した光を拡散反射させる態様に成形して、第二反射鏡に光が吸収されないようにするのが好ましい。これにより、第二反射鏡の反射面から入射してきた赤外線等の光による第二反射鏡の温度上昇を防止できる。

さらに、前記照明装置において、前記第二反射鏡を、石英、透光性アルミナ、水晶、サファイア、YAG、蛍石のいずれかから製作することが好ましい。これらの材料は、熱伝導性が良好なため温度分布を均一化でき、あるいは低熱膨張ゆえに耐熱性に優れ、しかも赤外線及び紫外線の透過性に優れた第二反射鏡を得ることができる。

また、前記照明装置において、前記発光部の外周面に反射防止コートを施すことが好ましい。これにより、第二反射鏡を経由する光の発光部での反射による光損出を低減できる。

また、前記照明装置において、前記第二反射鏡が、前記発光部の近傍において前記封止部の表面に接着剤により固着されていることが好ましい。これにより、発光部からの射出され第一反射鏡から反射されて来る光や発光部から射出され第二反射鏡を透過して来る光などの遮断を出来るだけ少なくして、第二反射鏡を発光管に固定することが可能となる。

また、前記接着剤をシリカ・アルミナ混合物又は窒化アルミを含む無機系接着剤とすると、それらの熱伝導率が良好なため、第二反射鏡や発光管の温度の不均一分布を抑制することが可能となる。

また、前記照明装置において、前記第二反射鏡が、前記封止部の外周に該外周面に対して隙間を有して巻線されたバネにより前記発光管の発光部近傍に押圧固定されていることが好ましい。これによれば、発光管が熱により膨張しても上記隙間によりその熱的変形を吸収できる。

なお、前記バネを導電性巻線から構成し、該バネが配置されている側と反対側の封止部から出るリード線に接続すると、前記バネを点灯性を向上させる絶縁破壊のためのトリガ線として利用することができる。

本発明のプロジェクタは、照明装置からの光が入射され与えられた画像情報に応じて該入射光を変調する光変調装置を備えたプロジェクタにおいて、前記照明装置として上記のいずれかに記載された照明装置を備えたことを特徴とする。これにより、小型で高輝度のプロジェクタが得られることになる。

本発明の照明装置の組み立て方法は、電極間で発光が行われる発光部及び該発光部の両側に位置する封止部を有した発光管と、該発光管の長手方向において前記発光部より後側に配置された主反射鏡として作用する第一反射鏡と、前記発光部より前側に配置された補助反射鏡として作用する第二反射鏡とを備えた照明装置の組み立て方法であって、前記発光管の電極又は電極間アークの実像と前記第二反射鏡によって反射された前記電極又は前記電極間アークの反射像とを重ねるように前記第二反射鏡と前記発光管の相対位置を調整して、前記発光管と前記第二反射鏡とを固定するステップと、前記第二反射鏡が固定された前記発光管の電極間中心と前記第一反射鏡の第一焦点とをほぼ一致させて前記第一反射鏡と前記発光管とを配置し、前記第一反射鏡の所定位置における明るさが最大となるように前記発光管と前記第一反射鏡との相対位置を調整して、前記発光管と前記第一反射鏡とを固定するステップと、を備えたことを特徴とする。

また、上記照明装置の組み立て方法において、前記発光管と前記第二反射鏡とを固定するステップは、前記実像と前記反射像とを、少なくとも2方向からカメラによる撮像画像を利用して検出し、それぞれの方向で前記実像と前記反射像とを重ねるように前記第二反射鏡の位置を調整して、前記発光管と前記第二反射鏡とを固定する工程を含むことが好ましい。

また、上記照明装置の組み立て方法において、前記所定位置は前記第一反射鏡の設計上の第二焦点であり、前記発光管と前記第一反射鏡とを固定するステップは、前記第一反射鏡の設計上の第2焦点付近における明るさが最大となるように、前記発光管と前記第一反射鏡との相対位置を調整して、前記発光管と前記第一反射鏡とを固定する工程を含むことが好ましい。

さらに、上記照明装置の組み立て方法において、前記所定位置は前記照明装置を搭載する光学系の照明対象物が配置される位置であり、前記発光管と前記第一反射鏡とを固定するステップは、前記照明装置を前記光学系に組み込み、前記照明対象物が配置される位置における明るさが最大となるように、前記発光管と前記第一反射鏡との相対位置を調整して、前記発光管と前記第一反射鏡とを固定す

る工程を含むことが好ましい。

これらにより、光利用率をより向上させた第二反射鏡を配する照明装置を組み立てることができる。

5 図面の簡単な説明

【図 1】 本発明の実施形態 1 に係る照明装置の構成図。

【図 2】 図 1 の照明装置の作用説明図。

【図 3】 第二反射鏡の有無による第一反射鏡の反射面の直径の比較説明図。

【図 4】 第二反射鏡の有無による照明装置の集光スポット径の比較説明図。

10 【図 5】 本発明の実施形態 2 に係る照明装置の光製図及び作用図。

【図 6】 本発明の実施形態 3 に係る照明装置の構成図。

【図 7】 発光管と第二反射鏡との位置決め方法説明図。

【図 8】 発光管と第一反射鏡との位置決め方法説明図。

【図 9】 本発明の実施形態 4 に係る照明装置の構成図。

15 【図 10】 本発明の実施形態 5 に係る照明装置の構成図。

【図 11】 上記実施形態に係る照明装置を備えたプロジェクタの構成図。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施形態を図を参照しながら説明する。なお、各図中、同じ符
20 号は同一物または相当物を示しているとする。

(実施形態 1)

図 1 は本発明の実施形態 1 に係る照明装置 100 の構成図、図 2 は図 1 の装置
100 の作用説明図である。この照明装置 100 は、発光管 10 と、照明装置 1
00 の主反射鏡である第一反射鏡 20a と、照明装置 100 の補助反射鏡である
25 第二反射鏡 30a とを備える。発光管 10 は、石英ガラス等からなり、内部にタ
ングステンの電極 12、12 と、水銀、希ガス及び少量のハロゲンが封入された
中央の発光部 11 と、発光部 11 の両側の封止部 13、13 からなる。各封止部

1 3には、電極1 2と接続されたモリブデンからなる金属箔1 4が密封され、各金属箔1 4、1 4には外部につなげられるリード線1 5、1 5がそれぞれ設けられている。これらのリード線1 5、1 5の接続先は従来からの構成と同じでよく、例えば、図示していない照明装置固定具等に設けられた外部との接続端子に接続される。

5 なお、発光部1 1の外周面には、タンタル酸化膜、ハフニウム酸化膜、チタン酸化膜等を含む多層膜の反射防止コートを施しておく、そこを通過する光の反射による光損出を低減することができる。

10 第一反射鏡2 0 aの反射面5 0は回転曲線形状であり、F 1、F 2は第一反射鏡2 0 aの反射面5 0の回転曲線の第1焦点と第2焦点を示し、f 1、f 2は第一反射鏡2 0 aの反射面5 0の回転曲線の頂点から第1焦点F 1と第2焦点F 2までの距離を表している。なお、第一反射鏡2 0 aの反射面5 0は回転楕円面形状または回転放物面形状などを採用できる。第一反射鏡2 0 aは、発光管1 0を含むこの照明装置1 0 0において、発光管1 0の後側に配置されている反射素子で、その後側の端部中心部に、発光管1 0を固定するための貫通穴2 1を備えている。発光管1 0は、この第一反射鏡2 0 aの貫通穴2 1に、発光管1 0の軸と第一反射鏡2 0 aの軸とを一致させて、セメントなどの無機系接着剤2 2により固着されている。発光管1 0の軸とは発光管1 0の長手方向の中心軸であり、ほぼ電極1 2、1 2方向と一致している。また、第一反射鏡2 0 aの軸とは第一反射鏡2 0 aの反射面5 0を構成する回転曲線の回転軸であり、ほぼ照明装置1 0 0から射出される光束の中心軸と一致している。なお、発光管1 0の発光部1 1中心（電極1 2、1 2間の中心）は、第一反射鏡2 0 aの反射面5 0が回転楕円面形状の場合、その第一焦点（F 1）に一致又はその近傍に位置させ、第一反射鏡2 0 aの反射面5 0が回転放物面の場合には、その焦点Fに一致又はその近傍に位置させている。すなわち、発光部1 1の中心が、第一反射鏡2 0 aの焦点F 1又はF付近に、或いは焦点F 1又はFの位置にほぼ一致して、配置されている。

第二反射鏡 30a は、発光管 10 を含むこの照明装置 100 において、発光管 10 の前側に配置されている反射素子で、その反射面 60 が発光部 11 の前側ほぼ半分を包囲し、かつ、発光部 11 の中心から射出されてこの第二反射鏡 30a の反射面 60 に入る入射光と該第二反射鏡 30a の反射面 60 における法線とが一致するように配置されているものである。ここで、第二反射鏡 30a は、接着剤 31 により封止部 13 に固定されている。発光部 11 の構造（電極 12 間の位置、発光部 11 の各部の形状など）は、製造バラツキなどにより発光管 10 毎にそれぞれ異なるため、第二反射鏡 30a の反射面 60 の形状は、発光部 11 との関係に応じて、発光管 10 毎にそれぞれ定めるのが好ましい。

さらに、第二反射鏡 30a は、約 900～1000℃ 度の高温に晒されることになるため、低熱膨張性、あるいは熱伝導性に優れた材料で製造されることが必要となる。このため、第二反射鏡 30a は、例えば、低熱膨張材である石英又はネオセラムや、高熱伝導材である透光性アルミナ、サファイア、水晶、蛍石、YAG 等を利用して製作される。透光性アルミナとしては、例えば、商品「スミコランダム」（スミコランダムは住友化学工業の登録商標）が利用できる。

第二反射鏡 30a の反射面 60 は、照明に利用される可視光のみを反射させ、照明に不要な紫外線及び赤外線を通過させることができれば、第二反射鏡 30a に生じる発熱を少なくできる。そのため、ここでは可視光のみを反射させ、紫外線及び赤外線を通過させる誘電体多層膜を、第二反射鏡 30a の反射面 60 に積層している。この誘電体多層膜も耐熱性が必要とされ、例えば、タンタル化合物と SiO_2 の交互積層、又はハフニウム化合物と SiO_2 の交互積層等から構成できる。以上の各要素を加味すると、低熱膨張性を有し、あるいは熱伝導性に優れ、しかも紫外線及び赤外線を透過しやすい材料として、石英、透光性アルミナ、水晶、サファイア、YAG ($\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$)、蛍石等が挙げられ、それらのいずれかから第二反射鏡 30a を製作するのが好ましい。

なお、第二反射鏡 30a の外側面 80 は、その反射面 60 で反射されずに入射した光（赤外線、紫外線、反射面 60 側から漏れてきた可視光など）を透過させ

るように、あるいは、その反射面 60 で反射されずに入射した光を拡散反射させるような反射膜や形状を備えるように成形して、第二反射鏡 30a ができるだけ光を吸収しないようにしておく。

さらに、図 1 に示すように、発光部 11 からこの第一反射鏡 20a 側すなわち
5 照明装置 100 の後側に出射する利用可能限界光 L_1 , L_2 によって示される円錐の第一反射鏡 20a の反射面 50 の直径 D_1 が、第二反射鏡 30a の外側面 80 の直径 d_1 よりも大きくなるように、かつ、第二反射鏡 30a の外側面 80 の直径 d_1 が、利用可能限界光 L_1 , L_2 の第一反射鏡 20a により反射された光によって形成される円錐の内側に入る大きさとなるように、第二反射鏡 30a の
10 外側面 80 の直径 d_1 が設定される。こうすることで、発光部 11 から照明装置 100 の後側に出射される光のうち、利用可能範囲内にある光については、第一反射鏡 20a で反射された後、第二反射鏡 30a によって遮断されることなく進むことができる。

ところで、利用可能限界光 L_1 , L_2 とは、発光部 11 からこの照明装置 10
15 0 の後側に出射される光のうち、照明光として実際に利用できる範囲の内側境界に対応する光をいい、発光管 10 の構造によって定まる場合と、第一反射鏡 20a の構造によって定まる場合とがある。発光管 10 の構造によって定まる利用可能限界光とは、発光部 11 から第一反射鏡 20a 側すなわち後側に出射し封止部 13 等の影響により遮断されず有効光として出射される光のうち、封止部 13 等の
20 の影響により光が遮断される光との境界の有効光である。また、第一反射鏡 20a の構造によって定まる利用可能限界光とは、発光部 11 から第一反射鏡 20a 側すなわち照明装置 100 の後側に出射し封止部 13 等の影響により遮断されず有効光として出射される光のうち、第一反射鏡 20a の貫通孔 21 の存在等による第一反射鏡 20a に起因して反射面 50 で反射することができず照明光として利用
25 し得なくなる光との境界の有効光である。なお、上記利用可能限界光を、発光管 10 の構造によって定まる限界光とした場合、本実施形態によれば、発光部 11 から照明装置 100 の後側に出射される光のほぼ全てが利用できることになる。

なお、第二反射鏡 30 a の外側面 80 の直径 d_1 が大きくなると、第一反射鏡 20 a により反射された後に、前方に進行する光の遮断が多くなるため光の利用率が低下する。従って、光の利用率低下を回避するために、第二反射鏡 30 a の外側面 80 の直径 d_1 はできるだけ小さくすべきである。

5 また、発光部 11 の外周面と第二反射鏡 30 a の反射面 60 との間には、光源像と反射像の位置関係を調整するために発光部 11 に対して第二反射鏡 30 a の位置調整ができる程度の間隔、すなわち 0.2 mm 以上の隙間 A を設けるのがよい。これにより、光源像と反射像を一致させるように発光部 11 と第二反射鏡 30 a との相対位置を調整することが可能であり、且つ、第二反射鏡 30 a で覆われている側の発光部 11 及び発光管 10 の放熱が確保され、発光管 10 の過度な温度上昇を抑制することができる。従って、温度上昇に起因する電極 12 の消耗、発光部 11 を含む発光管 10 の白濁や膨張を抑制できる。

10 以上述べたように、本実施形態の照明装置 100 によれば、図 2 に示すように、発光管 10 の発光部 11 から後側へと出射する光 L1、L2、L5、L6 は、第一反射鏡 20 a により反射されて照明装置 100 の前方に向かう。また、発光部 11 から前側へと出射する光 L3、L4 は、第二反射鏡 30 a の反射面 60 により反射されて第一反射鏡 20 a に戻った後、第一反射鏡 20 a により反射されて照明装置 100 の前方に向かう。これにより、発光部 11 から出射する光のほとんどを利用することができる。

15 さらに、本実施形態の照明装置 100 は、第二反射鏡 30 a を用いることにより第一反射鏡 20 a の反射面 50 の直径 D_4 を第二反射鏡を用いない照明装置と比較して小さくできる。

20 これについて図 3 を参照して説明する。図 3 (a) は第二反射鏡を用いない照明装置 100 e を示し、図 3 (b) は第二反射鏡 30 a を用いた照明装置 100 を示す。第一反射鏡 20 b、20 a の反射面 51、50 の回転楕円面の第 1 焦点距離 f_1 及び第 2 焦点距離 f_2 は共に等しい。図 3 (b) に示すように、第二反射鏡 30 a を用いた場合は、発光部 11 から前側へ出射される光を第二反射鏡 3

0 a にて反射し第一反射鏡 2 0 a の反射面 5 0 へと入射させることができるので、第一反射鏡 2 0 a の反射面 5 0 の開口端部の直径 D_4 は、第二反射鏡 3 0 a を用いない場合の第一反射鏡 2 0 b の反射面 5 1 の開口端部の直径 D_3 よりも小さくすることができる ($D_4 < D_3$)。しかし、 f_2 / f_1 の倍率関係は変わらないので、これらの場合の集光スポット径は同一となつて、光学系の効率の変化はない。

またさらに、本実施形態の照明装置 1 0 0 は、第二反射鏡 3 0 a を用いることにより照明装置の集光スポット径を第二反射鏡を用いない照明装置と比較して小さくできる。

まず、集光スポット径について説明する。発光部 1 1 のアークが点であるなら集光スポットは点となり、反射面の開口端部の直径が同一である第一反射鏡において焦点距離を変化させても集光スポット径の大きさは変化しない。しかし、現実的にはアークは有限である。図 4 (b) に示すように、有限であるアークの直径を L とし、そのときの集光スポットの直径を ϕ とし、第一反射鏡 2 0 c の反射面 5 2 の回転曲線の頂点から第一焦点までの距離を f_1' とし、第一反射鏡 2 0 c の反射面 5 2 の回転曲線の頂点から第二焦点までの距離を f_2' とすると、集光スポットの直径 ϕ はアークの直径 L と f_2' / f_1' の積によって決まる。従つて、反射面の開口端部の直径 D_3 が同一である図 4 (a) の第一反射鏡 2 0 b と図 4 (b) の第一反射鏡 2 0 c において、第一反射鏡 2 0 b の反射面 5 1 の焦点 f_1 , f_2 と、第一反射鏡 2 0 c の反射面 5 2 の焦点 f_1' , f_2' との倍率関係は $(f_2 / f_1) > (f_2' / f_1')$ となるので、図 4 (b) の第一反射鏡 2 0 c の集光スポット径の方が図 5 (a) の集光スポット径より小さくなる。ここで、図 4 (a) の第一反射鏡 2 0 b の焦点距離 f_1 , f_2 を図 4 (b) の第一反射鏡 2 0 c の焦点距離 f_1' , f_2' に近づけるにつれて、第一反射鏡 2 0 b の反射面 5 1 に入射しない光が多くなっていき照明効率が劣化する。しかし、第二反射鏡 3 0 a を備える図 4 (b) の照明装置 1 0 0 f は、第二反射鏡 3 0 a により光の損失を防ぎ、集光スポット径が小さくすることで照明装置 1 0 0

f に引き続く光学系に入射しやすくなり、且つ、発光部 11 から出射する光の利用効率を向上させることができる。

(実施形態 2)

図 5 (a) は、本発明の実施形態 2 に係る照明装置 100A の構成図及び作用図である。この照明装置 100A の構成は基本的に図 1 の照明装置 100 と同じであり、図 1 の照明装置 100 との相違点は、照明装置 100 の第一反射鏡 20a の反射面 50 の焦点距離 f_1 より照明装置 100A の第一反射鏡 20d の反射面 53 の焦点距離 f_{1A} の方が大きく ($f_1 < f_{1A}$)、照明装置 100 の第一反射鏡 20a の反射面 50 の焦点距離 f_2 より照明装置 100A の第一反射鏡 20d の反射面 53 の焦点距離 f_{2A} の方が小さい ($f_2 > f_{2A}$) 点である。図中、 f_{1A} は第一反射鏡 20d の反射面 53 の回転曲線の頂点から第 1 焦点 F_{1A} までの距離を表し、 f_{2A} は第一反射鏡 20d の反射面 53 の頂点から第 2 焦点 F_{2A} までの距離を表している。これにより、第一反射鏡 20d の反射面 53 の開口端部の直径 D_5 は図 1 の第一反射鏡 20a の反射面 50 の開口端部の直径 D_4 より大きくなるが、照明装置 100A の第 2 焦点 F_{2A} における集光スポット径は、照明装置 100 の第 2 焦点 F_2 における集光スポット径より小さくなる。従って、照明装置 100A からの出射光が引き続く光学系に入射し易くなり、光利用率の向上により貢献できる。

また、より輝度の大きい発光管などの形状の大きな発光管 10A を使用する場合、発光管 10A が大きくなったことに伴い第二反射鏡の形状も大きくしなければならない。その結果、図 5 (b) の照明装置 100 は、発光管 10A の構造によって定まる利用可能限界光 L_1 , L_2 の第一反射鏡 20a からの反射光を第二反射鏡 30c によって遮ってしまう。しかし照明装置 100A は焦点距離 f_1 よりも焦点距離 f_{1A} が大きいので、発光管 10A の構造によって定まる利用可能限界光 L_1 , L_2 で示される円錐の第二反射鏡 20d の反射面 53 の直径 D_6 が、照明装置 100 の第二反射鏡 20a の反射面 50 の直径 D_7 より大きくなるから、利用可能限界光 L_1 , L_2 の第一反射鏡 20d からの反射光を第二反射鏡 30

0 b が遮ることなく有効光として利用でき、高輝度である大電力の発光管からの光の利用効率を向上できる。

さらに、発光部 1 1 A から発生する熱量が同じである場合、第一反射鏡 2 0 d が輻射熱を受ける面積は、第一反射鏡 2 0 a が輻射熱を受ける面積と焦点距離の比率である $f 1 A / f 1$ の 2 乗の積によってきまるから、第一反射鏡 2 0 d の受ける単位面積あたりの輻射熱は、 $f 1 A / f 1$ の 2 乗に反比例する。従って、本実施形態の照明装置 1 0 0 A は、第一反射鏡 2 0 d の単位面積あたりで受ける発光管 1 0 A からの輻射熱が第一反射鏡 2 0 a よりも少ないので、第一反射鏡 2 0 d の温度上昇を防止できる。

10 (実施形態 3)

図 6 は、本発明の実施形態 3 に係る照明装置 1 0 0 D の構成図である。この照明装置 1 0 0 D の図 1 と同じ部分については同じ符号を用いて説明は省略し、相違する点を以下で説明する。ここでは、上記実施形態 1 又は実施形態 2 とは異なり、第二反射鏡 3 0 c の反射面 6 2 の開口端部の先端が電極 1 2, 1 2 の間の中心位置まで届いていない状態の場合に、第一反射鏡 2 0 e が担うべき光の反射領域の範囲を定めたものである。図 6 において、電極 1 2, 1 2 の先端間距離を $L e$ 、電極 1 2, 1 2 の先端間の中心 $F 1$ (第一反射鏡 2 0 e の第一焦点) から第二反射鏡 3 0 b の開口端面までの光軸上の距離を $L r$ 、第二反射鏡 3 0 b の外側面の開口端部の直径を $d 2$ 、第一反射鏡 2 0 e の反射面 5 4 の開口端部の直径を $D 2$ 、照明装置 1 0 0 D から射出される光の中心軸すなわち照明装置 1 0 0 D の光軸を A、一对の電極 1 2, 1 2 のうち第一反射鏡 2 0 e 側の電極 1 2 先端から第二反射鏡 3 0 b で遮られずに射出される光の境界光である $L 7$ と照明装置 1 0 0 D の光軸 A を照明装置 1 0 0 D の後側へと延長させた直線とに挟まれた角度 θd とする。図 6 において θd は、第一反射鏡 2 0 e 側の電極 1 2 より後側の光軸延長線 A から右回りで境界光 $L 7$ までの角度である。これによれば、角度 θd を下記式 1 で近似できる。

$$\theta d = 90 \text{度} + \tan^{-1} \{ (L e / 2 + L r) / (d 1 / 2) \} \cdots \text{式 1}$$

ここで、発光管 10 はガラスにより形成されているため、実際のアーク像から
射出した光は発光管 10 のガラス形状により屈折し、その結果発光管 10 外部か
らみたアーク像は実際のアーク像よりも大きく見えたり、実際のアーク像の位置
から移動しているように見える場合がある。言い換えると、たとえ第一反射鏡 2
0 e 側の電極 12 から射出した光であっても、発光管 10 のガラス部分を透過す
る際に屈折して、第一反射鏡 20 e の反射領域でない部分に射出され照明光とし
て利用されない光となってしまうことがある。そこで、第一反射鏡 20 e の反射
面 54 の開口端 B と第一反射鏡側の電極の先端とを結ぶ線 C と光軸 A の後側へと
延長された直線とに挟まれた角度を θ_e としたとき、 θ_e を θ_d より大きく設定
することにより、発光部 11 から射出されるより多くの光を有効照明光として利
用できる。図 6 において θ_e は、第一反射鏡 20 e 側の電極 12 より後側の光軸
の延長線 A から右回りで線 C までの角度である。

さらに、発光部 11 から射出される光は、電極 12, 12 間からの光だけでなく、
実際のアーク像は、電極 12 の先端に重なっているため、電極 12 の先端間
よりも外側から射出する光も存在する。従って θ_d だけで第一反射鏡 20 e の反
射面 54 の開口端部の直径 D2 を決定すると、第一反射鏡 20 e 側の電極 12 に
重なった部分のアーク像からの射出した光である L8 は、第一反射鏡 20 e の反
射領域でない部分に射出され照明光として利用されない光となってしまう。そこ
で、第一反射鏡 20 e 側のアーク端 L0 から第二反射鏡 30 b で遮られずに射出
される光の境界光である L8 と第一反射鏡 20 e の反射面 54 の延長線との交点
を第一反射鏡 20 e の開口端 B とすることによって、アーク端 L0 から射出され
る光 L8 をも有効光として利用できる。またさらに、第一反射鏡 20 e の開口端
を L8 をも反射できるように設定すると、電極 12 の先端から射出され発光管 1
0 のガラス部分で屈折した光も第一反射鏡 20 e で反射することもでき、発光部
11 からの射出されるより多くの光を有効照明光として利用でき、且つ、必要最
小限の第一反射鏡 20 e の反射面 54 の開口端部の直径を選択できる。

例えば、第一反射鏡 20 e の反射面 54 の開口端部の直径 D2 を、 θ_d から θ

d + 10度までの光線を反射する範囲にすると、発光部 11 から射出される光のほぼ全てが利用可能となる。

(照明装置の製造について)

次に、照明装置 100, 100A, 100D の製造手順について説明する。以下は第一反射鏡 20a を有する照明装置 100 について説明しているが、照明装置 100A, 100D も同様の手順で製造できる。まず始めに、各発光管 10 毎に、発光管 10 及び第一反射鏡 20a の構造に関するデータを収集する。このデータには、発光部 11 内の電極間距離、発光管 10 の各部形状及び寸法、第一反射鏡 20a の形状及び寸法、第一反射鏡 20a の焦点（第一反射鏡が楕円形状の場合には、第 1 焦点及び第 2 焦点）を含める。続いて、これらのデータを基に、各発光管 10 の発光部 11 からの光の出射状態を、コンピュータなどを利用してシミュレーションする。次に、発光部 11 からの光の出射状態シミュレーションを基に、各発光管 10 に対応した第二反射鏡 30 の設計を行う。この設計もまた、コンピュータシミュレーションなどを利用して行うことができ、そのようなシミュレーションを通して、既に説明した第二反射鏡 30a としての作用を果たすことが可能な形状（外径、内径、及び反射面形状など）が決定される。そして、その設計に基づいて、各発光管 10 に対応した第二反射鏡 30a を製作する。このようにして製作された第二反射鏡 30a の反射面 60 が発光部 11 の前側ほぼ半分を包囲し、かつ、発光部 11 の中心から出射されて第二反射鏡 30a に入る入射光と第二反射鏡 30 の反射面 60 の法線とが一致するように調整しながら、第二反射鏡 30a を発光管 10 の封止部 13 の一方に取り付ける。これにより、発光部 11 における電極間での実際のアーク像及び光が発光管 10 のガラス部を透過する際の屈折を考慮した形状を有する第二反射鏡 30a を製作でき、さらに、実際に発光部 11 から射出される光にあわせた第二反射鏡 30a の位置調整を行なうことができる。

なお、第二反射鏡 30a は、その構造上、発光管 10 の封止部 13 外径より大きな内径を有する中空の管材から製作することができる。この場合において、誘

電体多層膜が成膜される第二反射鏡 30 a の反射面 60 は、肉厚部の研磨により形成することができる。第二反射鏡 30 a を製作する際の研磨は、その反射面 60 が中空となっているので、通常の球面研磨のような複雑な研磨制御が不要となるという利点を有している。また、第二反射鏡 30 a は、上記管材のプレス成形によっても製作可能である。プレス成形は極めて単純であり、製造コストを大きく低減できる。

また、第二反射鏡 30 a の発光管 10 への取り付けは、以下のような方法で行できる。(1) CCD カメラ等で電極 12, 12 間を観察しつつ、発光部 11 の前側半分と第二反射鏡 30 a の反射面 60 が対向するようにして、第二反射鏡 30 a を発光管 10 の封止部 13 に仮固定する。次に、(2) 複数の異なる方向から CCD カメラ等で第二反射鏡 30 a の反射面 60 を観察しながら、その反射面 60 に写る電極 12, 12 間の像が、本来の電極間(物点)に入り込むように、第二反射鏡 30 a の位置を調整する。(3) 調整終了後、第二反射鏡 30 a を発光管 10 の封止部 13 に固定する。なお、上記(2)に対応する第二反射鏡 30 a の仮固定後の調整は、次のようにしても可能である。すなわち、極細のレーザービームを複数の異なる方向から電極 12, 12 間を通して第二反射鏡 30 a の反射面 60 に照射し、第二反射鏡 30 a からの反射ビーム光の位置とその広がり具合が一致するように、第二反射鏡 30 a の位置を調整しても、CCD カメラを用いたのと同じ結果が得られる。これらにより、第二反射鏡 30 a による反射光を正確に電極 12, 12 間に戻し、さらに第一反射鏡 20 a に戻すことが可能となる。

ここでは、発光管 10、第一反射鏡 20 a、及び第二反射鏡 30 a のアライメント方法を更に詳細に説明する。

まず、発光管 10 の電極 12, 12 又は電極間アーキ(点灯時のアーキ)の実像と第二反射鏡面 30 a によるそれらの反射像とを重ねるように第二反射鏡 30 a の位置を調整して、発光管 10 と第二反射鏡 30 a とを固定する。この場合、図 7 に示すように、上記実像と上記反射像とを、少なくとも 2 方向からカメラ(

CCDカメラ等)による撮像画像を利用して検出し、それぞれの方向でそれらの
実像と反射像とを重ねるように第二反射鏡30aの位置を調整して、発光管10
と第二反射鏡30aとを固定することができる。図7では、(a)がCCDカメ
ラを使って2方向から撮影するイメージ図、(b)が電極の実像と反射像とを重ね
5 ねる概念図、(c)が点灯時の電極間アークの実像と反射像とを重ねる概念図を
示している。なお、調整方向を多くすれば、それだけ精度よく位置決めできる。

次に、上記のようにして第二反射鏡30aが固定された発光管10の電極間中
心に第一反射鏡20aの第一焦点をほぼ一致させて第一反射鏡20aと発光管1
0とを配置し、所定位置における明るさが最大となるように第一反射鏡20aに
10 対する発光管10の位置を調整して、適正な位置で発光管10と第一反射鏡20
aとを固定する。この場合、図8に示すように、設計上の集光スポット付近に受
光器を配置し、第一反射鏡20aからの出射光を受光器によって測定しながら設
計上の集光スポットでの明るさが最大となるように、x、y、zの3軸方向にそ
れぞれ発光管10と第一反射鏡20aとの相対位置を調整して、発光管10と第
15 一反射鏡20aとを固定することができる。なお、図8では受光器を用いて明る
さを測定しているが照度が測定できればほかの方法を用いてもよい。これにより
、所定の位置における照度が最も大きくなるような発光管10と第一反射鏡20
aとの相対位置関係を有する照明光学系300を製造することができる。

この他、照明装置100が搭載される光学系たとえば、図11に示されるよう
20 な照明光学系300に組み込み、照明光学系300の照明対象物である液晶パネ
ル410R、410G、410Bが配置される位置における明るさが最大となる
ように、x、y、zの3軸方向にそれぞれ発光管10と第一反射鏡20aとの相
対位置を調整して、発光管10と第一反射鏡20aとを固定してもよい。これに
より、照明装置100と照明対象物との間に存在する光学系との関係も含んだ発
25 光管10と第一反射鏡20aとの最適な相対位置関係を有する照明装置100を
搭載する光学系300を製造することができる。

なお、上記z軸とは照明装置100の光軸と平行な方向であり、X軸とy軸と

は z 軸の垂直な面において直角に交わりあう 2 軸である。

以上の 2 つのステップによって、発光管 10、第一反射鏡 20a、及び第二反射鏡 30a のアライメントを行うことで、第二反射鏡 30a を配した照明装置 100 の光利用率をより向上させることができる。

5 なお、第二反射鏡 30a の発光管 10 への固定は、第二反射鏡 30a を発光管 10 の封止部 13 へ固着することで行う。その固着は、例えば、従来から知られているセメントを用いた接着に加え、前述したような高温度に耐えうるシリカ・アルミナ混合物又は窒化アルミを含む無機系接着剤とすると、熱伝導率の良好さゆえ、第二反射鏡 30a や発光管 10 の温度の不均一分布を抑制することができる。
10 なお、接着剤の具体的な例としては、商品「スミセラム」（朝日化学工業（株）製造、スミセラムは住友化学工業の登録商標）が挙げられる。また、発光管 10 と第二反射鏡 30a の固定のための接着剤の塗布は、滴接着（点塗布）により行う。塗布量を多くする場合には、滴接着ポイント数を増やす。こうすることで、接着剤の量を管理しやすくなるからである。

15 また、第二反射鏡 30a は、発光部 11 になるべく近い場所の封止部 13 表面に配置すると、発光部 11 からの射出された後第一反射鏡 20a により反射されて来る光や、発光部 11 から射出された後第二反射鏡 30a を透過して来る光などの遮断をできるだけ少なくできる。また、接着剤の塗布領域も、発光部 11 からの射出された後第一反射鏡 20a により反射されて来る光や、発光部 11 から
20 射出された後第二反射鏡 30a を透過して来る光などの遮断をできるだけ少なくできる範囲内に留めるものとする。

（実施形態 4）

図 9 は本発明の実施形態 4 に係る照明装置 100B の構成図である。照明装置 100 とは発光管 10 と第二反射鏡 30d との固定方法のみが異なる。これは、
25 封止部 13 の外周に該外周面に対して隙間を有して巻線されたバネ 40 を利用して、第二反射鏡 30d を封止部 13 に設けた突出部 16 に押圧固定したものである。突出部 16 は発光管 10 とは別に形成されたもので、発光部 11 の外周と第

二反射鏡 30 d の反射面 63 との間に 0.2 mm 以上の隙間 A を確保できる位置に設けられている。そしてバネ 40 は、第一反射鏡 20 f の開口端部の周囲に渡された 2 本またはそれ以上の引張線 41 により第二反射鏡 30 d 及び突出部 16 側に押圧されている。このようにしても、発光管 10 に第二反射鏡 30 d を固定
5 することができる。なお、バネ 40 が封止部 13 の外周に対して隙間を有して巻線されているため、封止部 13 が熱により膨張してもクリアランスがあるため問題にはならない。また、必要に応じて、第二反射鏡 30 d の固定に接着剤を併用してもよい。

(実施形態 5)

10 図 10 は図 9 の構成を一部変更した本発明の実施形態 5 に係る照明装置 100 C である。ここでは、バネ 40 を導電性巻線により構成し、該導電性巻線の一端をバネ 40 が配置されている側と反対側の封止部 13 から出るリード線 15 に配線 42 を介して電氣的に接続し、バネ 40 を発光管 10 の始動時の絶縁破壊のトリガ線として作用させるようにしたものである。こうすることで、配線 42 を利
15 用して第二反射鏡 30 f を発光管 10 に固定できると共に、発光管 10 の点灯性を向上させることができる。

以上説明した接着剤やバネに加えて、封止部 13、第二反射鏡 30 f のいずれか又は両方に融着部を設けておき、それらをレーザーあるいはガスバーナーを用いて融着させることにより、封止部 13 に第二反射鏡 30 f を固着することもで
20 きる。レーザー使用の場合にはレーザー照射部分が黒化する場合もあるが、固着場所が封止部 13 なのでそれはここでは問題とならない。なお、先述した、発光管 10、第一反射鏡 20 f、第二反射鏡 30 f のアライメント方法は、第二反射鏡 30 f の固定手段の相違にかかわらず照明装置 100 での製造方法を適用できる。

25 上記照明装置 100、100 A、100 B、100 C、100 D によれば、発光管 10 から出射された光の大部分を無駄にすることなく利用に供させることが可能となる。また、これらの照明装置は、装置の小型化、冷却性能の向上にも貢

献する。

図 1 1 は上記いずれかの照明装置を備えたプロジェクタの構成図である。以下には照明装置 1 0 0 を搭載させたプロジェクタについて説明する。この光学系は、発光管 1 0、第一反射鏡 2 0 a 及び第二反射鏡 3 0 a からなる照明装置 1 0 0 と、照明装置 1 0 0 から出射光を所定の光に調整する手段とを備えた照明光学系 3 0 0 と、ダイクロイックミラー 3 8 2, 3 8 6、反射ミラー 3 8 4 等を有する色光分離光学系 3 8 0 と、入射側レンズ 3 9 2、リレーレンズ 3 9 6、反射ミラー 3 9 4, 3 9 8 を有するリレー光学系 3 9 0 と、各色光に対応するフィールドレンズ 4 0 0, 4 0 2, 4 0 4 及び光変調装置としての液晶パネル 4 1 0 R, 4 1 0 G, 4 1 0 B と、色光合成光学系であるクロスダイクロイックプリズム 4 2 0 と、投写レンズ 6 0 0 とを備えている。

次に、上記構成のプロジェクタの作用を説明する。まず、発光管 1 0 の発光部 1 1 の中心より後側からの出射光は、第一反射鏡 2 0 a により反射されて照明装置 1 0 0 の前方に向かう。また、発光部 1 1 の中心より前側からの出射光は、第二反射鏡 3 0 a により反射されて第一反射鏡 2 0 a に戻った後、第一反射鏡 2 0 a により反射されて照明装置 1 0 0 の前方に向かう。

照明装置 1 0 0 を出た光は凹レンズ 2 0 0 に入り、そこで光の進行方向が照明光学系 3 0 0 の光軸 1 とほぼ平行に調整された後、インテグレートレンズを構成する第 1 レンズアレイ 3 2 0 の各小レンズ 3 2 1 に入射する。第 1 レンズアレイ 3 2 0 は、入射光を小レンズ 3 2 1 の数に応じた複数の部分光束に分割する。第 1 レンズアレイ 3 2 0 を出た各部分光束は、その各小レンズ 3 2 1 にそれぞれ対応した小レンズ 3 4 1 を有してなるインテグレートレンズを構成する第 2 レンズアレイ 3 4 0 に入射する。そして、第 2 レンズアレイ 3 4 0 からの出射光は、偏光変換素子アレイ 3 6 0 の対応する偏光分離膜（図示省略）の近傍に集光される。その際、遮光板（図示省略）により、偏光変換素子アレイ 3 6 0 への入射光のうち、偏光分離膜に対応する部分にのみ光が入射するように調整される。

偏光変換素子アレイ 3 6 0 では、そこに入射した光束が同じ種類の直線偏光に

変換される。そして、偏光変換素子アレイ 360 で偏光方向が揃えられた複数の部分光束は重畳レンズ 370 に入り、そこで液晶パネル 410R, 410G, 410B を照射する各部分光束が、対応するパネル面上で重なり合うように調整される。

- 5 色光分離光学系 380 は、第 1 及び第 2 ダイクロイックミラー 382, 386 を備え、照明光学系から射出される光を、赤、緑、青の 3 色の色光に分離する機能を有している。第 1 ダイクロイックミラー 382 は、重畳レンズ 370 から射出される光のうち赤色光成分を透過させるとともに、青色光成分と緑色光成分とを反射する。第 1 ダイクロイックミラー 382 を透過した赤色光は、反射ミラー 10 384 で反射され、フィールドレンズ 400 を通って赤色光用の液晶パネル 410R に達する。このフィールドレンズ 400 は、重畳レンズ 370 から射出された各部分光束をその中心軸（主光線）に対して平行な光束に変換する。他の液晶パネル 410G, 410B の前に設けられたフィールドレンズ 402, 404 も同様に作用する。
- 15 さらに、第 1 ダイクロイックミラー 382 で反射された青色光と緑色光のうち、緑色光は第 2 ダイクロイックミラー 386 によって反射され、フィールドレンズ 402 を通って緑色光用の液晶パネル 410G に達する。一方、青色光は、第 2 ダイクロイックミラー 386 を透過し、リレー光学系 390、すなわち、入射側レンズ 392、反射ミラー 394、リレーレンズ 396、及び反射ミラー 39 20 8 を通り、さらにフィールドレンズ 404 を通って青色光用の液晶パネル 410B に達する。なお、青色光にリレー光学系 390 が用いられているのは、青色光の光路長が他の色光の光路長よりも長いため、光の発散等による光の利用効率の低下を防止するためである。すなわち、入射側レンズ 392 に入射した部分光束をそのまま、フィールドレンズ 404 に伝えるためである。なお、リレー光学系 25 390 は、3 つの色光のうちの青色光を通す構成としたが、赤色光等の他の色光を通す構成としてもよい。

3 つの液晶パネル 410R, 410G, 410B は、入射した各色光を、与え

られた映像情報に従って変調し、各色光の画像を形成する。なお、3つの液晶パネル410R、410G、410Bの光入射面側、光出射面側には、通常、偏光板が設けられている。

上記の各液晶パネル410R、410G、410Bから射出された3色の変調光は、これらの変調光を合成してカラー画像を形成する色光合成光学系としての機能を有するクロスダイクロイックプリズム420に入る。クロスダイクロイックプリズム420には、赤色光を反射する誘電体多層膜と、青色光を反射する誘電体多層膜とが、4つの直角プリズムの界面に略X字状に形成されている。これらの誘電体多層膜によって赤、緑、青の3色の変調光が合成されて、カラー画像を投写するための合成光が形成される。そして、クロスダイクロイックプリズム420で合成された合成光は、最後に投写レンズ600に入り、そこからスクリーン上にカラー画像として投写表示される。

上記プロジェクタによれば、そこに用いられている発光管10、第一反射鏡20a及び第二反射鏡30aからなる照明装置100（又は100A、100B、100C、100D）のすでに説明した作用により、プロジェクタの小型化と高輝度化を共に達成することができる。

なお、上記実施形態では、透過型の液晶パネルを用いたプロジェクタを例に説明したが、本発明は、反射型の液晶パネルを用いたプロジェクタにも適用することが可能である。ここで、「透過型」とは、液晶パネル等の光変調装置が光を透過するタイプであることを意味しており、「反射型」とは、それが光を反射するタイプであることを意味している。また、光変調装置は液晶パネルに限られるものではなく、例えば、マイクロミラーを用いた装置であってもよい。さらに、本発明の照明光学系は、観察する方向から投写を行う前面投写型プロジェクタにも、また、観察する方向とは反対側から投写を行う背面投写型プロジェクタにも適用可能である。

請求の範囲

1. 電極間で発光が行われる発光部及び該発光部の両側に位置する封止部を有した発光管と、該発光管の長手方向において前記発光部より後側に配置された第一反射鏡と、前記発光部より前側に配置された第二反射鏡とを備えた照明装置であって、

前記発光部の後側に射出される利用可能限界光の前記第一反射鏡の反射面の直径 D_1 が、前記第二反射鏡の外側面の直径 d_1 よりも大きく、かつ、前記第二反射鏡の外側面の直径 d_1 は、前記利用可能限界光の前記第一反射鏡により反射された光の内側に入る大きさに設定され、

前記第二反射鏡の反射面が前記発光部の前側ほぼ半分を包囲し、かつ、前記発光部中心から射出されて該第二反射鏡に入る入射光と該第二反射鏡の法線とが一致するように配置されていることを特徴とする照明装置。

2. 電極間で発光が行われる発光部及び該発光部の両側に位置する封止部を有した発光管と、該発光管の長手方向において前記発光部より後側に配置された第一反射鏡と、前記発光部より前側に配置された第二反射鏡とを備えた照明装置であって、

前記発光部の後側に射出される利用可能限界光の前記第一反射鏡の反射面の直径 D_1 が、前記第二反射鏡の外側面の直径 d_1 よりも大きく、かつ、前記第二反射鏡の外側面の直径 d_1 は、前記利用可能限界光の前記第一反射鏡により反射された光の内側に入る大きさに設定され、

前記第二反射鏡は、前記発光部中心から射出されて該第二反射鏡に入る入射光と該第二反射鏡の法線とが一致するように配置されており、

前記電極の先端間距離を L_e 、前記電極先端間の中心 F_1 から前記第二反射鏡の反射面の開口端面までの前記照明装置の光軸上の距離を L_r 、前記第二反射鏡の外側面の開口端部における直径を d_2 、前記第一反射鏡の反射面の開口端部における直径を D_2 、前記電極先端のうち前記第一反射鏡側の電極先端から前記第二反射鏡で遮られずに射出される光と前記照明装置の光軸を前記照明装置の後側

へと延長させた直線とに挟まれた角度を θ_d 、前記第一反射鏡の反射面の開口端部と前記第一反射鏡側の電極先端とを結ぶ線と前記照明装置の光軸を前記照明装置の後側へと延長させた直線とに挟まれた角度を θ_e として、 θ_d を式 1 で近似するとき、

- 5 前記第一反射鏡の反射面の開口端部における直径 D_2 が、 $\theta_e > \theta_d$ となるような範囲にあることを特徴とする照明装置。

$$\theta_d = 90^\circ + \tan^{-1} \{ (L_e / 2 + L_r) / (d_2 / 2) \} \dots \text{式 1}$$

3. 電極間で発光が行われる発光部及び該発光部の両側に位置する封止部を有した発光管と、該発光管の長手方向において前記発光部より後側に配置された
10 第一反射鏡と、前記発光部より前側に配置された第二反射鏡とを備えた照明装置であって、

- 前記発光部の後側に射出される利用可能限界光の前記第一反射鏡の反射面の開口端部の直径 D_1 が、前記第二反射鏡の外側面の直径 d_1 よりも大きく、かつ、
前記第二反射鏡の外側面の直径 d_1 は、前記利用可能限界光の前記第一反射鏡に
15 より反射された光の内側に入る大きさに設定され、

前記第二反射鏡は、前記発光部中心から射出されて該第二反射鏡に入る入射光と該第二反射鏡の法線とが一致するように配置されており、

- 前記第二反射鏡の反射面の開口端部の直径 D_2 が、前記電極間で発生するアー
クの前記第一反射鏡側のアーク端から前記第二反射鏡で遮られずに射出される光
20 の境界光を反射できる大きさであることを特徴とする照明装置。

4. 前記利用可能限界光は、前記発光管の構造によって定まる限界光であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の照明装置。

5. 前記第二反射鏡は前記発光部の外周に対して隙間を有して配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の照明装置。

- 25 6. 前記第二反射鏡の反射面は、紫外線及び赤外線を通す誘電体多層膜により成形されていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の照明装置。

7. 前記第二反射鏡の反射面が、前記封止部の外径より大きな内径を有する管の端面研磨又はプレス成形により形成されてなることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の照明装置。

8. 前記第二反射鏡の外側面は、その反射面側から入射した光を透過させる態様に成形されていることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の照明装置。

9. 前記第二反射鏡の外側面は、その反射面側から入射した光を拡散反射させる態様に成形されていることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の照明装置。

10. 前記第二反射鏡が、石英、透光性アルミナ、水晶、サファイア、YAG、蛍石のいずれかからなることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の照明装置。

11. 前記発光部の外周面に反射防止コートを施してなることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の照明装置。

12. 前記第二反射鏡が、前記発光部の近傍において前記封止部の表面に接着剤により固着されていることを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれかに記載の照明装置。

13. 前記接着剤がシリカ・アルミナ混合物又は窒化アルミを含む無機系接着剤であることを特徴とする請求項 12 記載の照明装置。

14. 前記第二反射鏡が、前記封止部の外周に該外周面に対して隙間を有して巻線されたバネにより前記発光管の発光部近傍に押圧固定されていることを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれかに記載の照明装置。

15. 前記バネを導電性巻線により構成し、該導電性巻線の一端を前記バネが配置されている側と反対側の封止部から出るリード線に接続したことを特徴とする請求項 14 記載の照明装置。

16. 照明装置と、該照明装置からの光が入射され与えられた画像情報に応じて該入射光を変調する光変調装置を備えたプロジェクタにおいて、

前記照明装置として請求項 1 乃至 15 のいずれかに記載された照明装置を備えたことを特徴とするプロジェクト。

17. 電極間で発光が行われる発光部及び該発光部の両側に位置する封止部を有した発光管と、該発光管の長手方向において前記発光部より後側に配置された主反射鏡として作用する第一反射鏡と、前記発光部より前側に配置された補助反射鏡として作用する第二反射鏡とを備えた照明装置の組み立て方法であって、

前記発光管の電極又は電極間アークの実像と前記第二反射鏡によって反射された前記電極又は前記電極間アークの反射像とを重ねるように前記第二反射鏡と前記発光管の相対位置を調整して、前記発光管と前記第二反射鏡とを固定するステップと、

前記第二反射鏡が固定された前記発光管の電極間中心と前記第一反射鏡の第一焦点とをほぼ一致させて前記第一反射鏡と前記発光管とを配置し、前記第一反射鏡の所定位置における明るさが最大となるように前記発光管と前記第一反射鏡との相対位置を調整して、前記発光管と前記第一反射鏡とを固定するステップと、

前記第二反射鏡とを固定するステップは、前記実像と前記反射像とを、少なくとも 2 方向からカメラによる撮像画像を利用して検出し、それぞれの方向で前記実像と前記反射像とを重ねるように前記第二反射鏡の位置を調整して、前記発光管と前記第二反射鏡とを固定する工程を含むことを特徴とする請求項 17 記載の照明装置の組み立て方法。

19. 前記所定位置は前記第一反射鏡の設計上の第二焦点であり、前記発光管と前記第一反射鏡とを固定するステップは、前記第一反射鏡の設計上の第 2 焦点付近における明るさが最大となるように、前記発光管と前記第一反射鏡との相対位置を調整して、前記発光管と前記第一反射鏡とを固定する工程を含むことを特徴とする請求項 17 又は 18 記載の照明装置の組み立て方法。

20. 前記所定位置は前記照明装置を搭載する光学系の照明対象物が配置される位置であり、前記発光管と前記第一反射鏡とを固定するステップは、前記照

明装置を前記光学系に組み込み、前記照明対象物が配置される位置における明るさが最大となるように、前記発光管と前記第一反射鏡との相対位置を調整して、前記発光管と前記第一反射鏡とを固定する工程を含むことを特徴とする請求項 17 又は 18 記載の照明装置の組み立て方法。

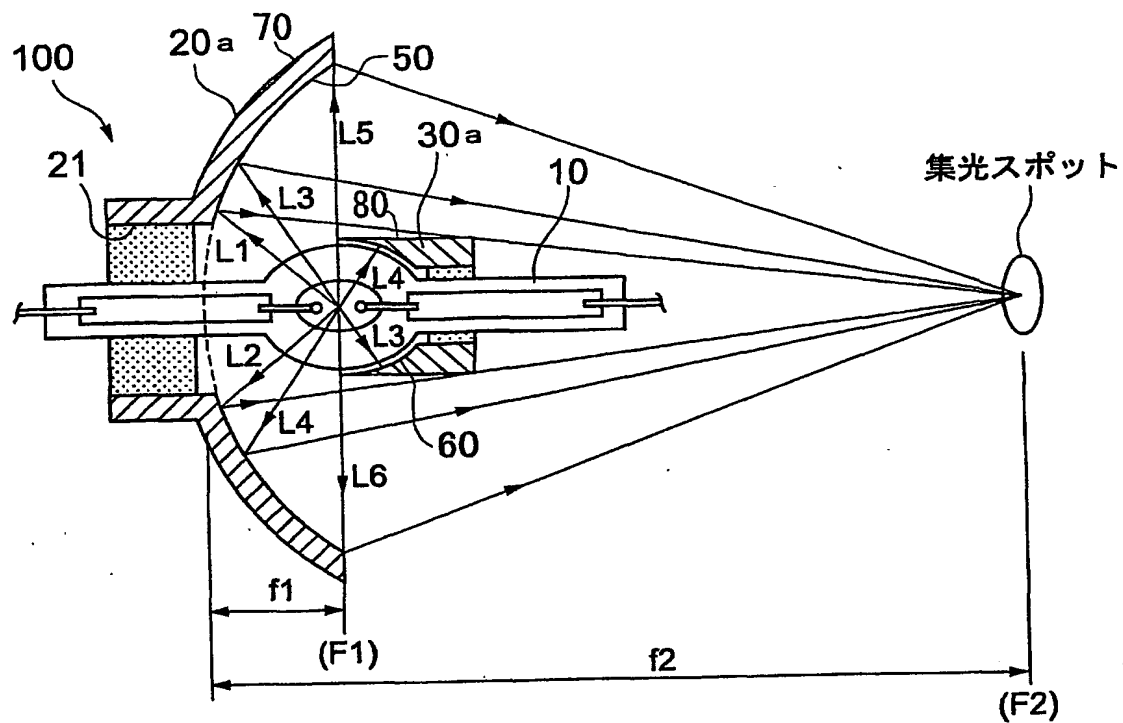


Fig. 2

3/11

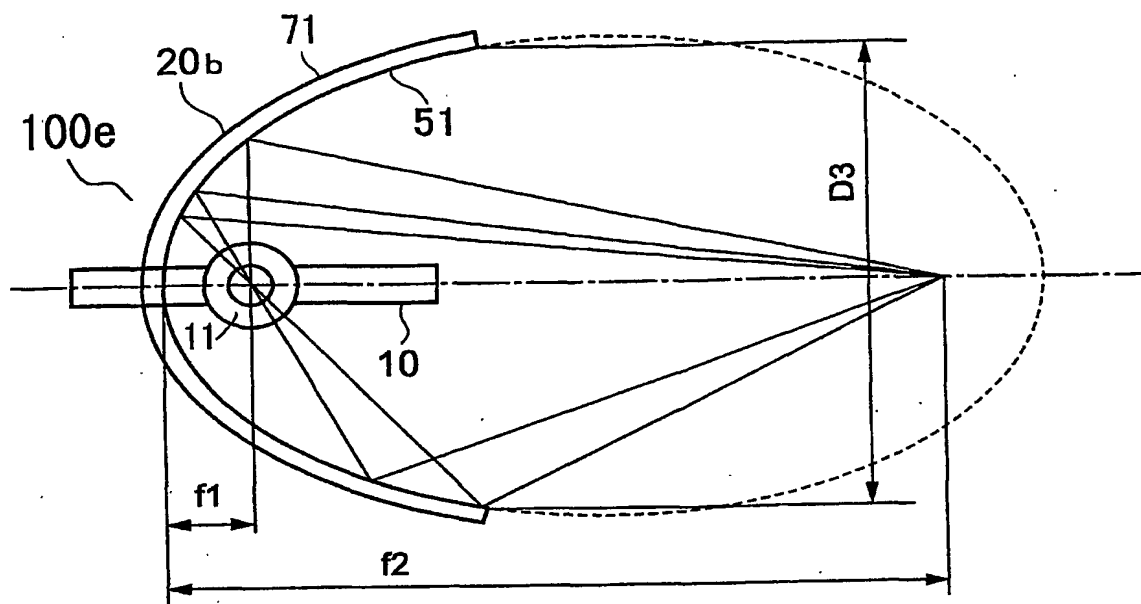


Fig. 3 (a)

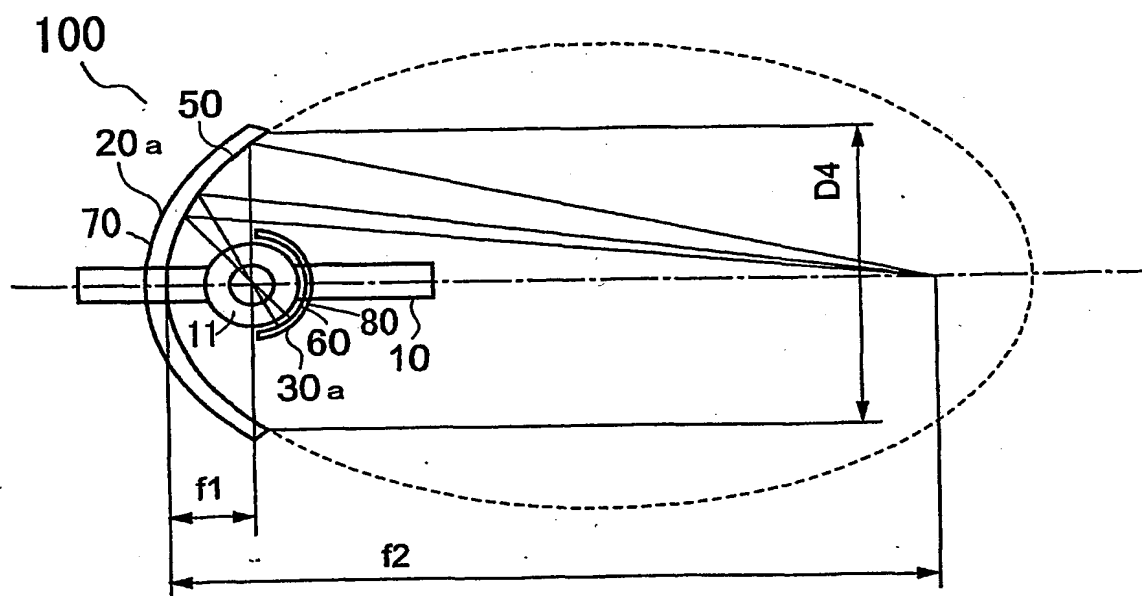


Fig. 3 (b)

4 / 1 1

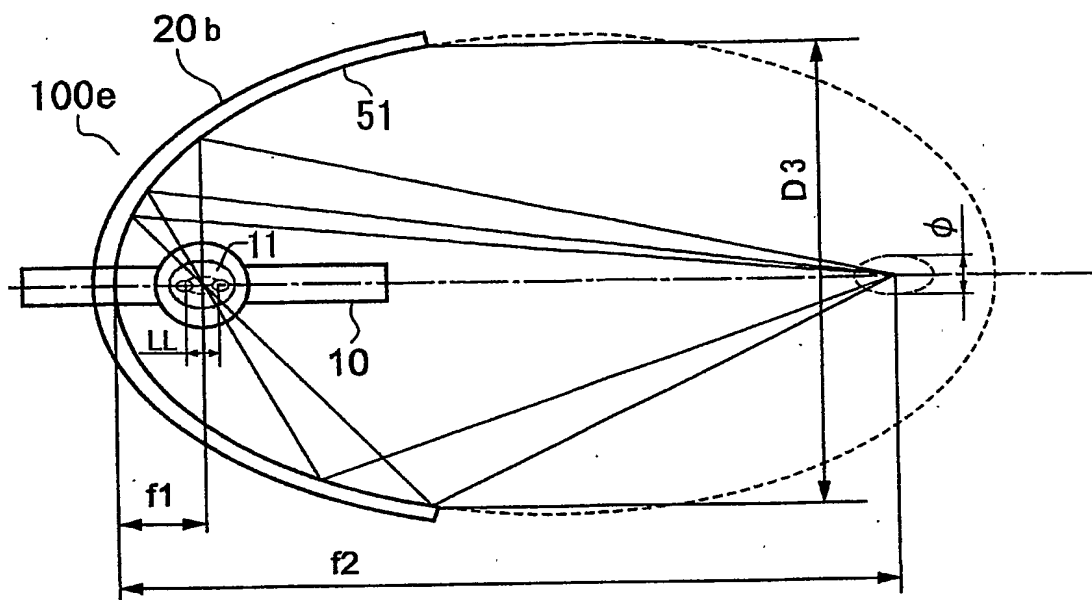


Fig. 4. (a)

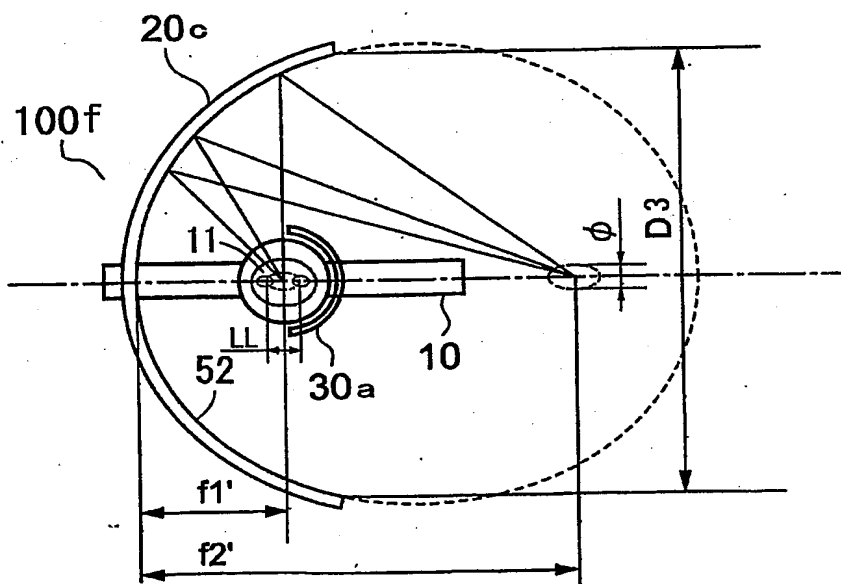
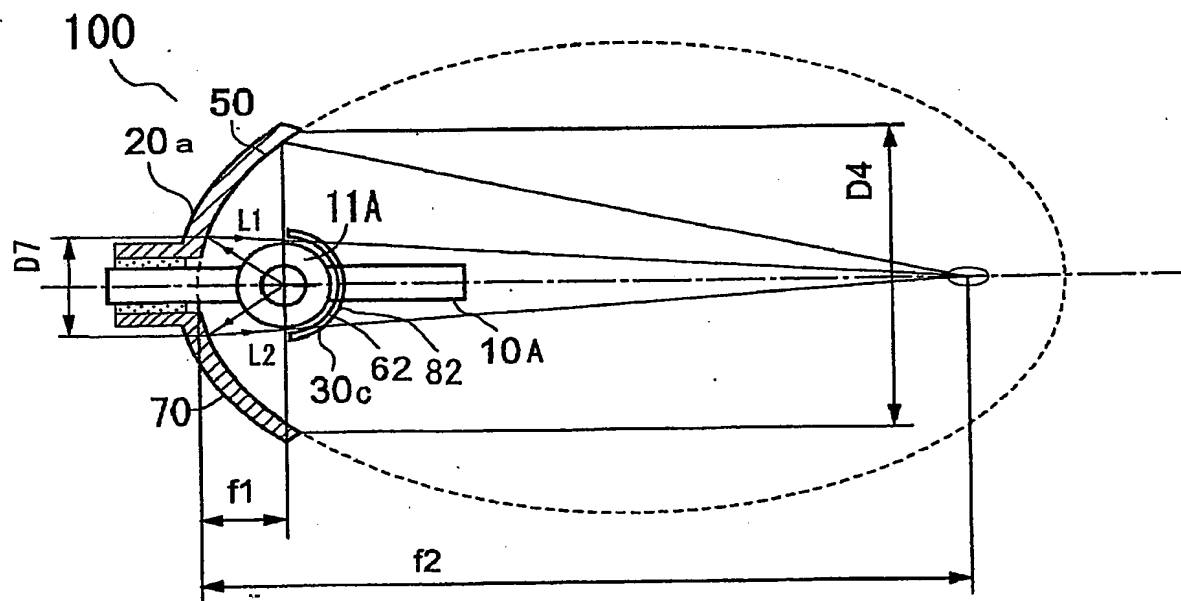
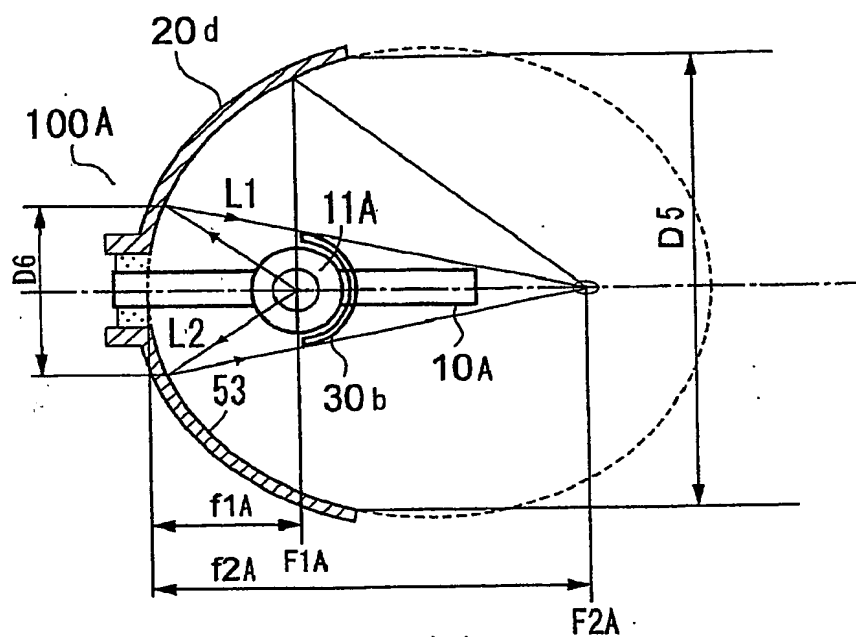
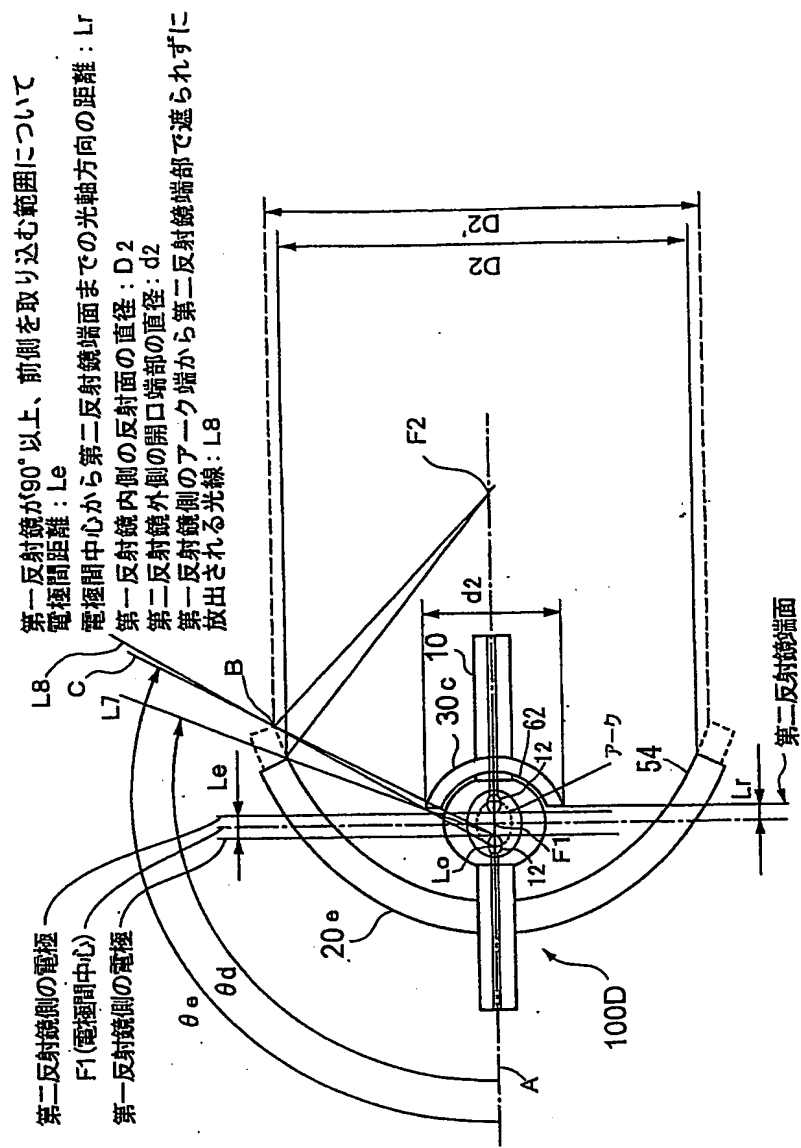


Fig. 4. (b)

5/11





F i g . 6

7 / 1 1

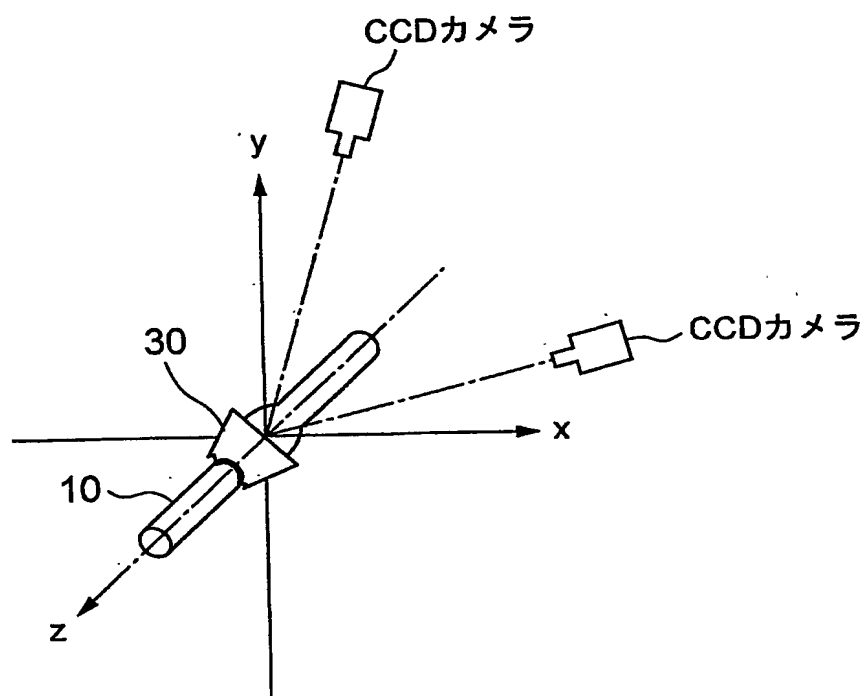


Fig. 7 (a)

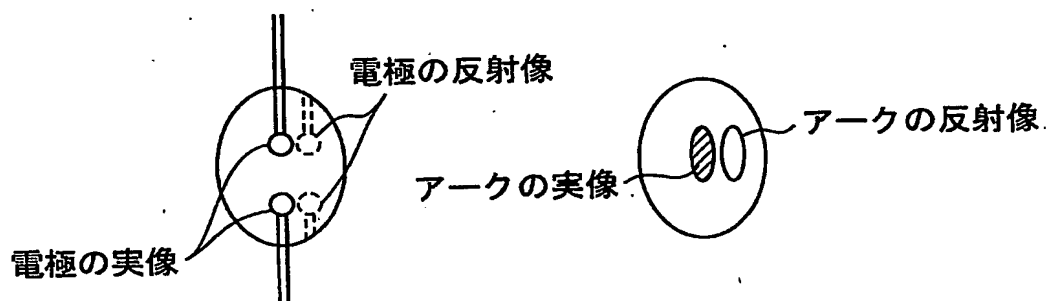


Fig. 7 (b)

Fig. 7 (c)

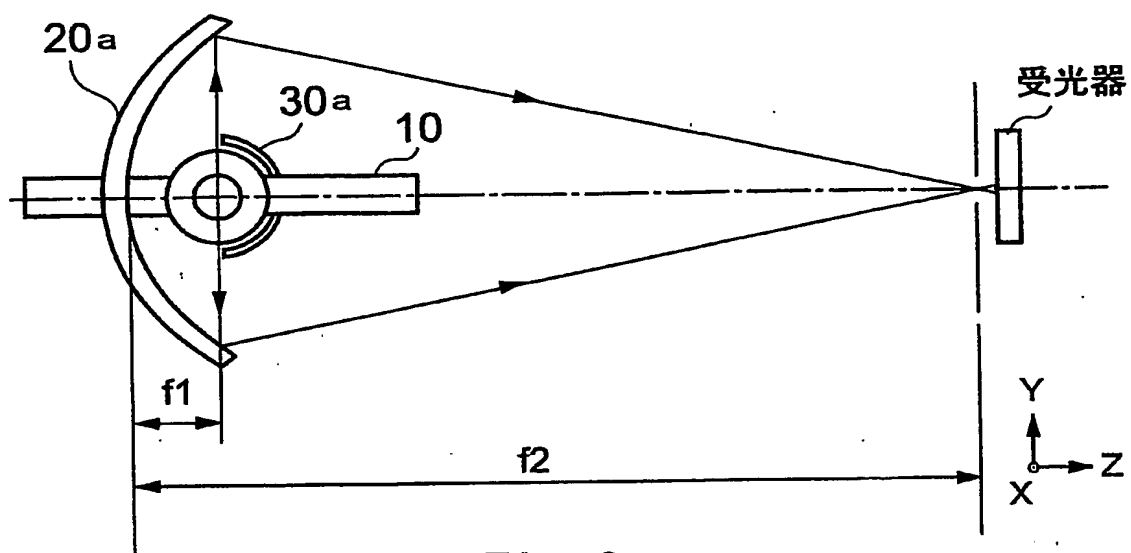


Fig. 8.

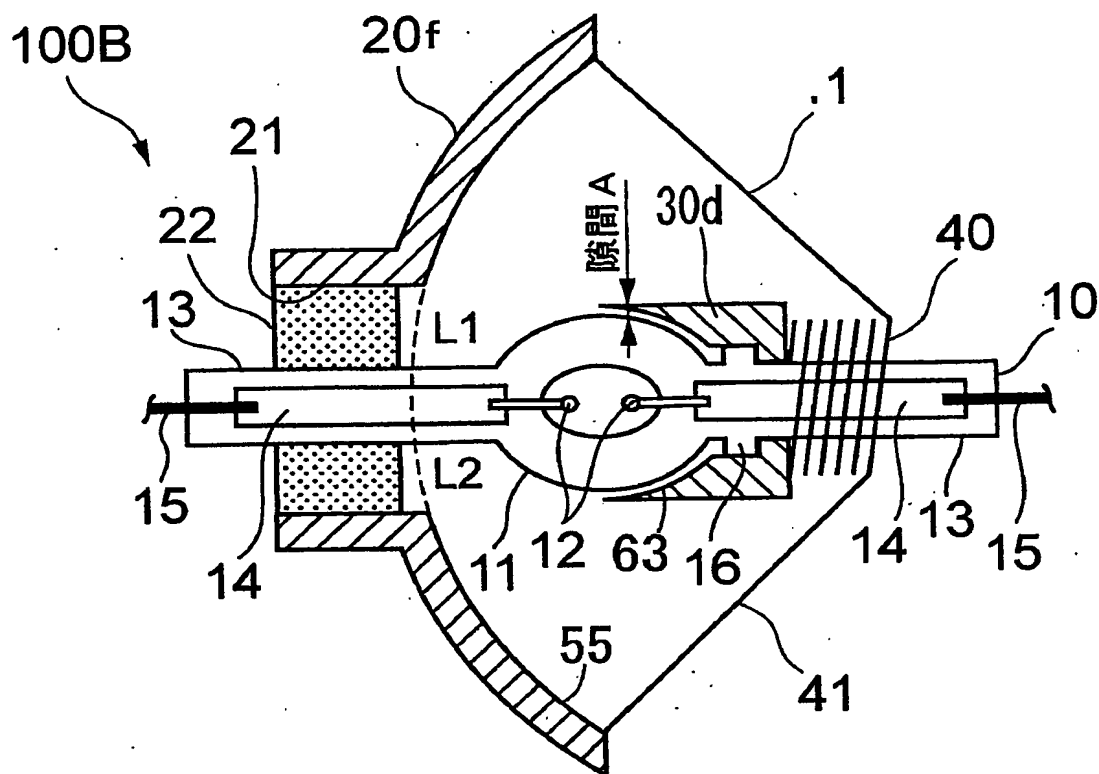


Fig. 9

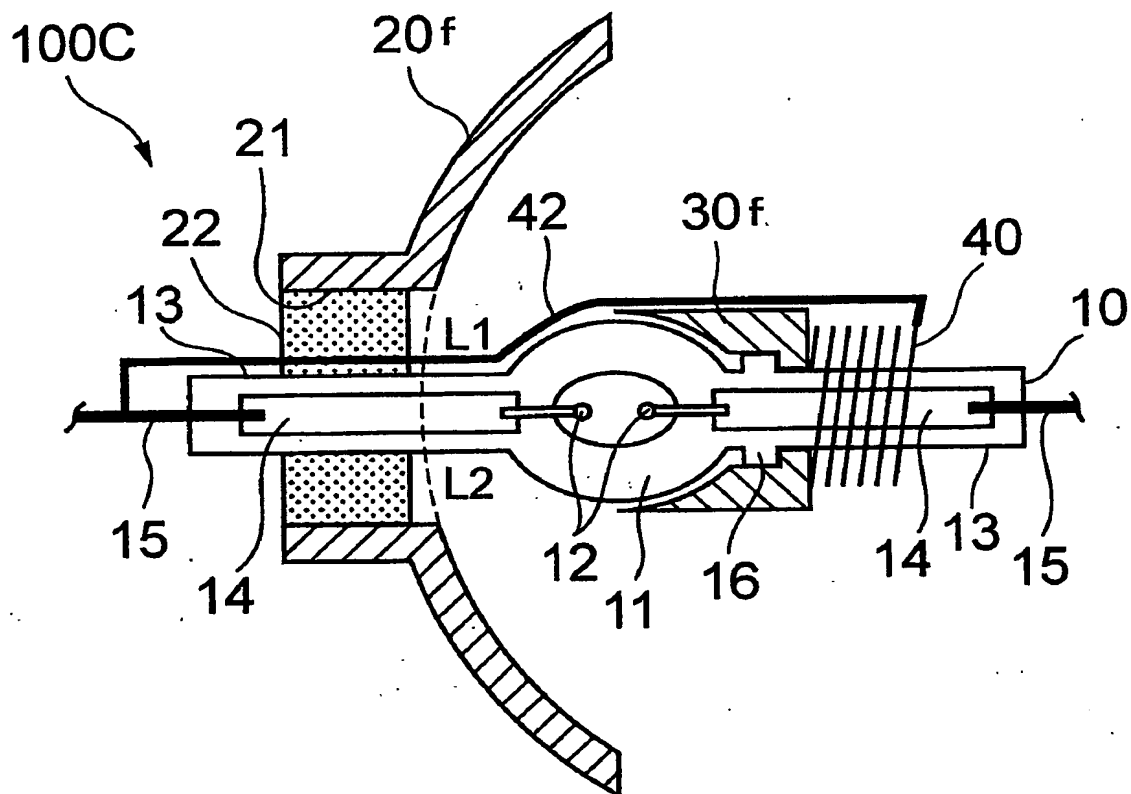
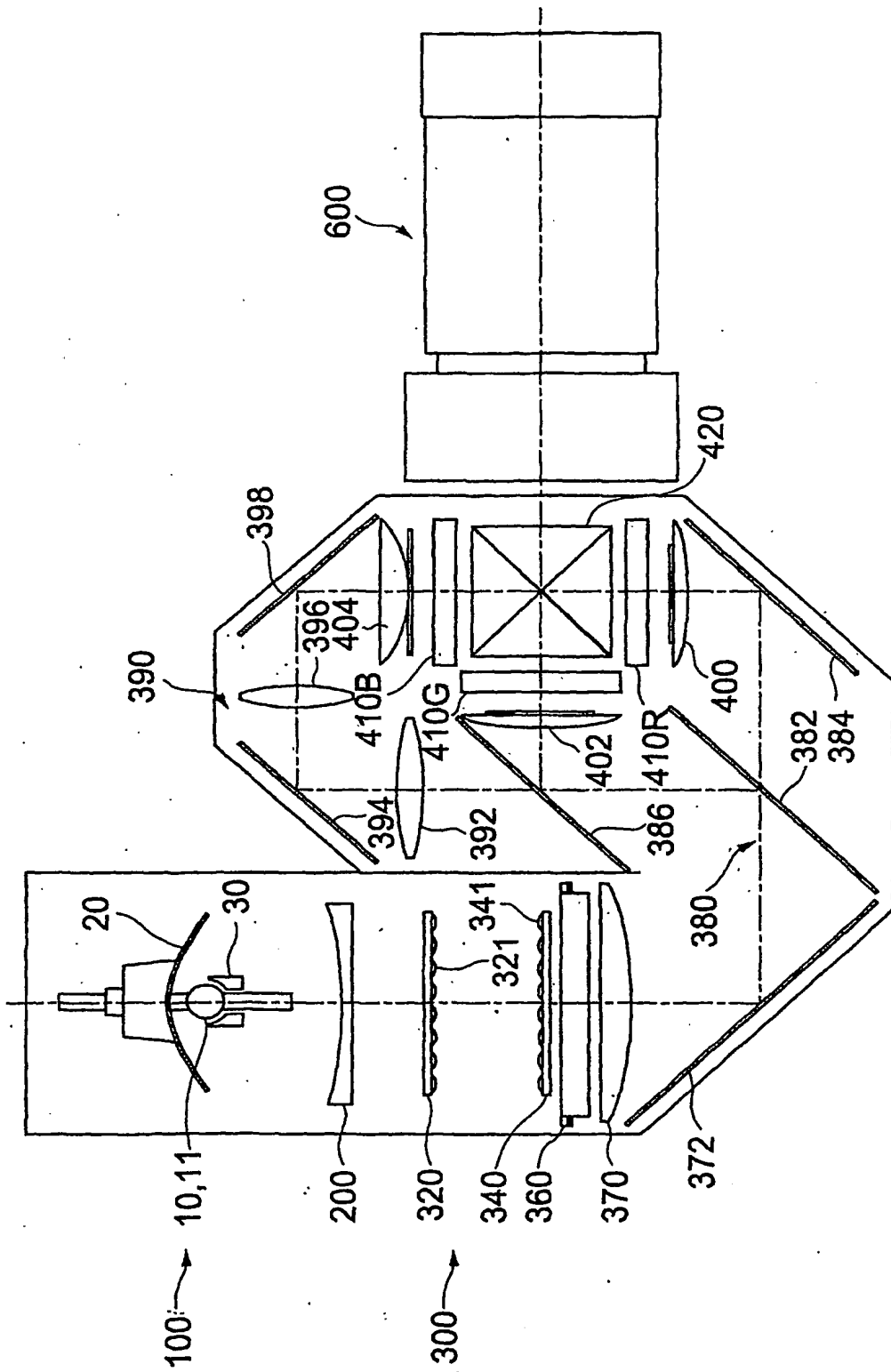


Fig. 10

11/11



11/11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/11178

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ F21V7/09, 13/00, F21S2/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ F21V7/09, 13/00, F21S2/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 6-289394 A (Hitachi, Ltd.), 18 October, 1994 (18.10.94), Full text; all drawings & US 5491525 A	1-5, 7, 16, 17, 19, 20 6, 8, 10, 12, 13 9, 11, 14, 15, 18
X A	JP 2001-125197 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 11 May, 2001 (11.05.01), Par. Nos. [0050] to [0056]; Fig. 8 (Family: none)	1-5, 7, 16 6, 8-15, 17-20
X A	JP 8-262437 A (Mitsubishi Electric Corp.), 11 October, 1996 (11.10.96), Par. Nos. [0103], [0105]; Figs. 14, 16 (Family: none)	1-5, 7, 16 6, 8-15, 17-20

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
10 December, 2003 (10.12.03)

Date of mailing of the international search report
13 January, 2004 (13.01.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/11178

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-167621 A (Asahi Techno Glass Kabushiki Kaisha), 22 June, 2001 (22.06.01), Page 2, left column, lines 29 to 43 (Family: none)	6
Y	JP 2-44604 A (V.C. Helus GmbH.), 14 February, 1990 (14.02.90), Full text & EP 339130 A & US 4937714 A & DE 3814539 A	8
Y	JP 6-111613 A (Matsushita Electric Works, Ltd.), 22 April, 1994 (22.04.94), Full text (Family: none)	10
Y	JP 8-31382 A (Matsushita Electronics Corp.), 02 February, 1996 (02.02.96), Par. No. [0011]; Fig. 1 (Family: none)	12-13

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl⁷ F21V7/09, 13/00, F21S2/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl⁷ F21V7/09, 13/00, F21S2/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996
日本国公開実用新案公報	1971-2003
日本国実用新案登録公報	1996-2003
日本国登録実用新案公報	1994-2003

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 6-289394 A (株式会社日立製作所)	1-5, 7, 16, 17,
Y	1994. 10. 18, 全文, 全図	19, 20
A	& US 5491525 A	6, 8, 10, 12, 13
X	JP 2001-125197 A (松下電器産業株式会社)	9, 11, 14, 15,
A	2001. 05. 11, 【0050】 - 【0056】, 第8図 (ファミリーなし)	18
X	JP 2001-125197 A (松下電器産業株式会社)	1-5, 7, 16
A	2001. 05. 11, 【0050】 - 【0056】, 第8図 (ファミリーなし)	6, 8-15, 17-20

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

10. 12. 03

国際調査報告の発送日

13.01.04

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

渋谷 善弘

3X

9131

電話番号 03-3581-1101 内線 3372

C (続き). 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X A	JP 8-262437 A (三菱電機株式会社) 1996. 10. 11, 【0103】, 【0105】, 第14, 16図 (ファミリーなし)	1-5, 7, 16 6, 8-15, 17-20
Y	JP 2001-167621 A (旭テクノグラス株式会社) 2001. 06. 22, 第2頁左欄第29-43行 (ファミリーなし)	6
Y	JP 2-44604 A (ヴェー・ツェー・ヘレーウス・ゲゼル シャフト・ミット・ベシュレンクテル・ハフツング) 1990. 02. 14, 全文 & EP 339130 A & US 4937714 A & DE 3814539 A	8
Y	JP 6-111613 A (松下電工株式会社) 1994. 04. 22, 全文 (ファミリーなし)	10
Y	JP 8-31382 A (松下電子工業株式会社) 1996. 02. 02, 【0011】, 第1図 (ファミリーなし)	12-13